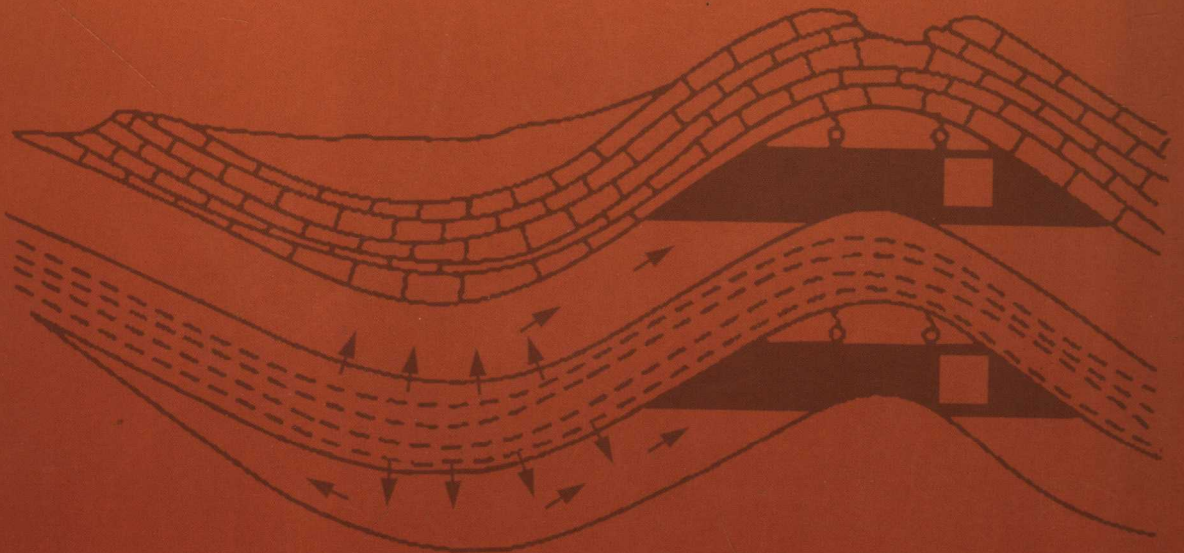


国外油气勘探开发新进展丛书 (五)
GUOWAIYOUQIKANTANKAIFAXINJINZHANCONGSHU

Drilling Fluids Processing Handbook

钻井液处理手册

美国机械工程师学会振动筛委员会 编
郑力会 译



石油工业出版社

国外油气勘探开发新进展丛书(五)

钻井液处理手册

美国机械工程师学会振动筛委员会 编

郑力会 译

石油工业出版社

内 容 提 要

本手册系统介绍了钻井液的功用、类型、性能及维护,重点阐述了筛除、旋流分离、离心分离、重力沉降等现场常用的固相分离技术。同时,对罐体安装、废弃物管理、分离效率评价等内容也作了相应的介绍和论述。手册还辅以大量图、表和实例,具有很强的实用性。

本手册可供从事钻井液的技术人员、管理人员、科研设计人员使用,也可供大中专院校有关专业师生参考。

图书在版编目(CIP)数据

钻井液处理手册/美国机械工程师学会振动筛委员会编;郑力会译.
北京:石油工业出版社,2008.5

(国外油气勘探开发新进展丛书;第5辑)

书名原文:Drilling Fluids Processing Handbook

ISBN 978-7-5021-6402-7

I. 钻…

II. ①美…②郑…

III. 钻井液-技术手册

IV. TE254-62

中国版本图书馆CIP数据核字(2007)第195907号

01-2005-5514号

Copyright©2005, Elsevier Inc. All rights reserved.

No part of this publication may be reproduced, stored in a retrieval system, or transmitted in any form or by any means, electronic, mechanical, photocopying, recording, or otherwise, without the prior written permission of the publisher.

本书经 Elsevier Inc. 授权翻译出版

中文版权归石油工业出版社所有,侵权必究

出版发行:石油工业出版社

(北京安定门外安华里2区1号 100011)

网 址:www.petropub.cn

发行部:(010) 64210392

经 销:全国新华书店

印 刷:北京晨旭印刷厂

2008年5月第1版 2008年5月第1次印刷

787×1092毫米 开本:1/16 印张:25.5

字数:650千字 印数:1—3000册

定价:96.00元

(如出现印装质量问题,我社发行部负责调换)

版权所有,翻印必究

《国外油气勘探开发新进展丛书》(五)

编委会

主任：胡文瑞

副主任：赵政璋 杜金虎 张卫国

编委：(按姓氏笔画排序)

刘德来 李忠兴 李相方

张义堂 张仲宏 张明禄

周家尧 章卫兵 魏国齐

序

为了及时学习国外油气勘探开发新理论、新技术和新工艺，推动中国石油上游业务技术进步，本着先进、实用、有效的原则，中国石油天然气股份有限公司勘探与生产分公司和石油工业出版社组织多方力量，对国外著名出版社和知名学者最新出版的、代表最先进理论和技术水平的著作进行了引进，并翻译和出版。

从2001年起，在跟踪国外油气勘探、开发最新理论新技术发展和最新出版动态基础上，从生产需求出发，通过优中选优已经翻译出版了四期22本专著。在这套系列丛书中，某些代表了某一专业的最先进理论和技术水平，有些非常具有实用性，也是生产中所急需。这些译著发行后，得到了企业和科研院校广大生产管理、科技人员的欢迎，并在实用中发挥了重要作用，达到了促进生产、更新知识、提高业务水平的目的。该套系列丛书也获得了我国出版界的认可。2002年丛书第2辑整体获得了中国出版工作者协会颁发的“引进版科技类优秀图书奖”，2006年丛书第4辑的《井喷与井控手册》再次获得了中国出版工作者协会的“引进版科技类优秀图书奖”，产生了很好的社会效益。

今年我们在前四期出版的基础上，经过多次调研、筛选，又推选出了国外最新出版的6本专著，即《油层物理》、《钻井液处理手册》、《油井试井手册》、《气井试井手册》、《项目计划与控制》、《现代试井解释模型及应用》，以飨读者。

在本套丛书的引进、翻译和出版过程中，中国石油天然气股份有限公司勘探与生产分公司和石油工业出版社组织了一批著名专家、教授和有丰富实践经验的工程技术人员担任翻译和审校人员，使得该套丛书能以较高的质量和效率翻译出版，并和广大读者见面。

希望该套丛书在相关企业、科研单位、院校的生产和科研中发挥应有的作用。

中国石油天然气股份有限公司副总裁

前 言

20 世纪 70 年代早期，国际钻井承包商协会（IADC）组建了一个专门委员会，研究钻井现场的钻井液固相控制。经过 10 年的工作，出版了 IADC《钻井液设备手册》。委员会成立之初只有 6 个承包商会员，完成工作时增加到 27 个。许多会员承包商更换雇主时保留了委员会会员资格，而且雇主也想保留资格且参与委员会活动。其他承包商听说我们的工作之后，也申请加入委员会。《钻井液设备手册》讨论了钻井液处理系统的各个部分。所有主题都在美国当地钻井承包商协会管区主办的研究会/讨论会上进行了讨论。撰写《钻井液设备手册》是一项伟大的教育工作，所涉各部分材料的讨论使得作者疲于应对。《钻井液设备手册》出版之后，委员会又组建了一个新的工作组——钻井承包商钻探仪器和测量委员会（RIM）。这个委员会主要负责出版与钻探参数测量和信息传输相关的书籍。经过几年的工作，委员会决定修订《钻井液振动筛手册》，委员会的大部分成员都参与了该书第一版的编写工作。《钻井液振动筛手册》出版时，线性振动筛还没有得到应用。新技术使得修订工作成为必要。由于未能就最终编写方法与国际钻井承包商协会达成共识，委员会与钻井承包商协会分道扬镳，然后寻找新的主办者。

选择哪个主办者的争论趋于白热化，委员会最终选择了美国钻井工程师协会（AADE）休斯敦分会作为主办方，而且当时休斯敦分会董事会也对委员会表示热烈欢迎。原委员会的许多成员仍然留在委员会继续工作，另外还补充了一些来自美国钻井工程师协会的新成员。大家汇总了有关资料，并出版了 AADE《钻井液振动筛手册》。本书的基本思路重点在钻井液振动筛，钻井液处理系统的其他设备放在了次要位置。由已经出版过 IADC《钻井液设备手册》的海湾出版公司出版此书，并保留了这两本书的版权。

为公平分配稿费的目的，最好委员会能衡量每位作者的相关贡献，但这是相当困难的。因此，委员会要求海湾出版公司减少一些正常稿费支付，降低出书成本。AADE《钻井液振动筛手册》找到了在技术启发性读物中的位置。海湾出版公司将它的书分类，卖给了爱思唯尔公司，现在爱思唯尔公司拥有该书的版权。

《钻井液振动筛手册》出版后不久，美国石油工程协会决定修订 API 标准推荐操作程序 13C 中“固相控制”和 13E 中“筛布设计”。美国石油工程协会第 13 附属委员会要求委员会使用《钻井液振动筛手册》中讨论的相关技术修改推荐操作程序。委员会接受了这个要求。经过对一些概念和细节推敲，意识到需要添加一些技术，改进一些新方法。到撰写最终

文稿时，这些工作大约花费了5年时间。

API 标准推荐操作程序 13C 修订工作接近尾声时，由于销量减少，爱思唯尔公司要求委员会修订 AADE 《钻井液振动筛手册》。然而，美国钻井工程师协会休斯敦分会对技术的兴趣锐减。《钻井液振动筛手册》出版后的两年间，休斯敦分会组织和支 持的技术委员会从 6 个缩减到 1 个，仅剩深水钻井组在活动。休斯敦分会执行委员会也通告我们，他们将不再主办修订工作。委员会再度陷入寻找新的主办者的困境。此时，美国机械工程师协会 (ASME) 石油分会热忱地接过这一接力棒。因此，《钻井液振动筛手册》是由美国机械工程师协会 (ASME) 石油分会作为主办方修订的。

由于拥有新的主办者，显而易见，需要将本书扩展为讨论钻井液处理的各个方面。修改 API 标准工作的大部分成员自愿编写这本新书，并增加了一些新章节。自 AADE 《钻井液振动筛手册》出版以来，许多附带技术得到了发展。委员会决定这个团队的活动和构成应与以前委员会稍有不同。许多委员一直活跃在 API 标准推荐操作程序 13C “固相控制”的修改工作。一些委员觉得参与这两项工作心有余而力不足。

《钻井液振动筛手册》每章都安排由 1 或 2 名业内著名工业专家编写，而且大多数专家乐于接受安排给他们的工作。修订了 AADE 《钻井液振动筛手册》许多章节，而且培养了 1 或 2 志愿者。书中某些章节完全展现的是第一次与读者见面的新内容。每一章作者或修订者写于标题之下。然而，文章中的许多内容得益于同事的评论和批评。这个委员会成员全部由作者组成。以前，委员会中的一些成员基本上是编辑。这就带来这样的问题，尽管他们为委员会成员服务，但增加文字的写作时间。本书每章安排另外三位作者进行编辑和评论。由于采用了流水作业，本书的出版比前面两版的任何一版都快很多。这种做法也带来了一些技术上的小变化。并非委员会所有成员都通读或同意各章节内容。业内专家有时不同意钻井液及其处理的各方面内容；同一问题书中各章可能会有不同的阐述。关于沉砂池的讨论就是一个很好的例子。在某些钻井环境中，委员会一些成员认为沉砂池是非常有用的，而另一些成员则有不同的看法。书中对这两种意见都进行了描述，希望尽可能多地提供一些信息，相信读者从讨论中鉴别获益。

尽管各章都保留了作者的一些个人写作风格，但努力求大同存小异。通过校对句子，使其清晰、准确，而且通俗易懂。但后一个目标有时实现起来最难。尽管有些词可能已经清楚地说明了问题，但问题本身一直被误解。书中已经尽可能地删除了不必要的字词和人称代词。许多概念也都进行了深入的讨论，并取得了一致意见。油田现场有许多错误的概念和错误行为。所有的努力都是为了和谐而准确地阐明科学问题。有些地方可能有重复信息，是因为这些基础性技术知识需要理解才能掌握这些章节。

本书的作者代表一个高级专家团，不仅拥有丰富的知识，而且非常乐意奉献大量时间与

业内人士一起分享他们的知识。许多公司也参与了本书的编写工作，有些工作是作为公司的任务完成的。尽管如此，为了此书作者们还是奉献了许多周末和假期。委员会从未要求主办者给予专款。所有费用（如会议费用、手稿准备等）都是由个人和参与的公司支持的。没有因为此书接受过稿酬。由个人组成的这么一个不寻常的团队一起为委员会工作了好多年。几个最近加入的成员进一步提高了作者团队的声望。Bill Rehm 20 世纪 70 年代早期 IADC 委员会成立时就加入了委员会，后由于工作调动而辞去职务。但现在又回到这个团队，他在欠平衡钻井方面技术突出，为本书添色不少。

工业委员会能够存在二三十年的很少。这个团队能够长寿的秘密之一是致力于开发有意义的、有价值的产品。另一个秘密是一直从深层次技术讨论中学习经验，人们对事实有兴趣而且心甘情愿地，在不涉及个人恩怨或门第参与讨论。自愿参与本书编写的各位作者已经为钻井液处理技术打下坚实的基础。这些技术经过多年的测试、试用、过失和讨论，已经得到了发展。这些技术历史的一些痕迹在第一章的历史回顾中可见一斑。

许多从一开始就与委员会一起工作的委员现在已经退休或离开了我们。所有作者对前辈的感激之情难以言表。这个委员会可能是最好学习经历的协会之一。向那些与我分享知识的天才和专家们表示敬意。这么多杰出人才组成的协会值得珍惜。在过去的 40 年，科学技术飞速发展，委员会将与时俱进，为工业发展尽微薄之力。

重修委员会主席 Leon Robinson

2004 年

译者的话

译者在翻译过程中尽管努力追寻原意，做到通俗易懂，但限于译者水平，错误和缺憾肯定存在。2007年底利用寒假又对校样进行逐字逐句的审校，希望尽可能减少错误、弥补遗漏，但肯定不能如原书所表达得那么深入浅出、句达意雅，只有请读者谅解并期望批评指正。

此书的价值，原书中所说的是本教育启蒙书，对从事钻井液工作的同志起到抛砖引玉的作用。但纵观整个论著，钻井液固相控制的理论、技术、设备、废弃处理及发展方向都作了比较详实的论述，因此，启蒙之说，看来是原作者这些钻井液大学者谦虚之言了。所以，此书不仅可以用于在校学生的学习，更可作为研究人员、现场工程师、设备维护技师的工作指导手册。而且，原书作者不收稿酬并利用大量的业余时间成就此书，值得我学习和效仿。学生们认为此书很实用，建议我进一步吸收，挤出时间结合我国现状补充些内容编写一本国内的《钻井液手册》，我有同感。

译者除了感谢李相方教授和方代焯外，还要感谢池丽军、崔伟香、崔小勃、丁彤伟、冯杰、冯文强、何思龙、李志勇、李中锋、刘东、刘金华、刘新光、罗坤、牛萌萌、王建华、王晓琳、王相春、叶艳、袁鸿鹄、张鹏、张立波、赵晓栋、周井红等同志对本书所做的工作，特别感谢何思龙、袁鸿鹄对我在遂宁病重期间的照顾和帮助；感谢三年来关心、支持、帮助我的家人、领导和同志们，特别是我生活和工作上的助手遂宁市政府的罗中科长和李中锋博士。当然，由于各种原因未提及的人，对我的帮助也在感谢之列。

郑力会

2008年3月8日于北京昌平

作者简介

Bob Barrett

迈阿密大学农业科学学士，北肯卡基大学工商管理硕士。1997~2003年，在SWECO公司任筛网制造工程师，从事开发制造工艺和工业振动筛筛网分离技术工作。2003年后，在MI-SWECO公司任高级工程师，从事油田筛网开发。

Eugene Bouse

路易斯安那州立大学石油工程学士，从事钻井液工作40多年，过去15年主要从事固相控制工作。美国机械工程师协会钻井废料管理组前任主席，SPE会员、Mensa会员。

Brian Carr

路易斯维尔大学速度科学学院机械工程学士（门萨社团）。1993~2001年，任SWECO Emerson电子部新产品开发工程部经理，开发工业和油田用筛网以及振动分离器。2001年后，在M-I SWACO公司任振动筛、筛网、旋流除砂器和黏泥除砂器项目经理。

Bob DeWolfe

在钻井液、固相控制和炼油废物管理等能源工业中有着广泛的技术服务和操作管理经验。他曾经在欧洲、非洲、前苏联、东南亚、拉丁美洲、美国工作过，目前在中东工作。

Fred Growcock

在1999年，M-I SWACO公司产品应用小组负责人和科技与开发部顾问。目前，任美国能源部钙基钻井液项目负责人。在进入M-I SWACO公司前，曾经在Brookhaven（纽约）和Oak Ridge（田纳西）国家实验室从事煤的液化和汽化以及气体冷却气核反应堆相关问题的研究；在Dowell Schlumberger公司（Tulsa）从事过储层注水、阻止酸化腐蚀和泡沫压裂的工作；并且在Amoco（Tulsa）公司工作过；目前在BP公司从事钻井液开发工作。BA/BS文理学士，得克萨斯州大学化学农学/理学学士、新墨西哥州立大学物理化学专业硕士/博士。

Tim Harvey

毕业于俄克拉荷马州立大学和佛罗里达大学。先后在美国、中东、西非和远东从事钻井液、固相控制和钻井液废液管理30多年。参加了美国石油学会和钻井液废液管理（DWMG）工作组，现在是Kuala Lumpur国际石油工具技术服务部经理。美国石油工程师协会的会员，美国钻井工程师协会（AADE）、美国石油学会（API）、美国机械工程师协会（ASME）会员。

Jerry Haston

毕业于俄克拉荷马大学石油地质专业，从事油气勘探和开发工作40余年，大部分时间从事钻井相关工作。不仅参加国内行业范围内的作业，还参加世界其他地区的作业。现在是一个大型国际石油与天然气公司钻井作业监督。

Michael Kargl

毕业于南伊利诺伊州大学，机械工程师。自 1995 年，任 Martin 工程公司振动筛电力振动器的首席工程师。之前，作为保险商试验所实验室工程组的负责人工作了 13 年，主要从事设计和评审防爆电动机和发电机的测试工作。

Todd H. Lee

国际油井公司销售经理，有 13 年的离心泵方面的校准、培训、故障检修经验。从事离心泵的生产设计工作。

Bob Line

有 30 多年的油田工作经验，是表层套管顶部法兰和阀门、压力控制、海底控制、钻井工具和固相控制等领域的专家。从事机械工程设计和销售工作 7 年，9 年前在 M-I SWACO 公司工作，现任全球半导体设备销售经理。休斯敦大学机械工程专业理学学士。

Hemu Mehta

KEM-TRON 工艺学公司的创始人之一，现为该公司总裁。在这之前，他是 M-I 钻井液国际作业部经理。拥有化学工程、石油工程和国际财经的学位。由于他对化学工程和固相控制装备的精通，使得他能够帮助开发当今最先进的脱水工艺。他在印度长大，从 1972 年起，和妻子及两个孩子居住在得克萨斯州休斯敦市。

James Merrill

在过去的 17 年中，在石油业、采矿业和公共事业商务部从事振动筛和筛网设计及生产工作。从墨西哥州海岸钻井平台上的一名钻工成为一流的固相控制公司的技术主管。

Mark C. Morgan

自 1994 年任钻塔设备装备公司的技术服务经理。在这之前，他是 NL Baroid 公司的一名钻井液工程师和水上飞机飞行员。然后，在 Texaco 石油公司安哥拉近海从事钻井液和固相控制顾问工作近 10 年。路易斯安那工学院航空专业理学学士，西南路易斯安那大学石油工程理学学士。

Mike Morgenthaler

自 1980 年，任 IMCO 服务公司钻井液工程师，从事钻井液和固相控制装备工作。得克萨斯大学机械工程学士。现任 CUTPOINT 公司首席顾问，专门从事钻井液废液处理技术的工作。

Nace S. Peard

最初是 Gulf Oil/Chevron 公司钻井工程师，拥有 23 年的油田工作经验。曾为一个大型的有自主权的石油与天然气公司管理钻井勘探和开发的项目。自 2000 年初，任 DF 公司销售和市场部副总裁。得克萨斯的注册石油工程师，普渡大学石油工程专业学士。

William Piper

在 Amoco 公司工作近 20 年，钻井工程师和国际钻井小组环境专家。1998 年退休后，组建管道咨询公司，主要从事与钻井工业有关的环境事务。他是钻井液废液管理和其他钻井方面环境问题的一流专家。已经出版大量的有关钻井环境实践方面的书籍，这些书包括一部环境分析和治理方面的百科全书。目前在 ChevronTexaco/BP 公司钻井培训联盟教授钻井废液处理课程，并且开发了一系列软件程序来帮助钻井工程师处理环境问题。科罗拉多州大学化

学工程学士，而且活跃于 SPE。

Bill Rehm

欠平衡钻井和完井顾问。做过钻井液工程师、钻井监督、直属钻井公司总裁、研究与开发部经理、钻井顾问等工作。写过 50 余篇关于固相控制、钻井控制、欠平衡钻井方面的文章。

Mike Richards

从 1979 年起做过研究与开发部经理、工程师、高级项目经理、培训协调员、技术销售等工作。当他在 Brandt 任研究与开发部经理时，组织计算并记录了机械搅拌器和钻井液漏斗的很多工作参数。休斯敦大学学士。

Leon Robinson

1992 年从工作了 39 年的 Exxon 生产研究院退休后，在油气咨询公司教授钻井课程。克莱姆森大学的理学学士和硕士、北卡罗来纳州立大学工程物理博士。1985 年获得美国石油学会钻井工程师奖、1999 年获美国钻井工程师协会贡献奖。

Wiley Steen

自 20 世纪 60 年代中期，从事国内和国外钻井及生产作业。1970—1975 年，在欧洲和东南亚工作，任 Halliburton 公司 IMCO 服务部经理。1976 年后，从事国内和国际自由顾问工作。美国石油工程师协会 Singapore 分会的四个创始人之一（任秘书），休斯敦钻井工程师协会的 12 个创始人之一。同时任休斯敦美国工程师协会和协会国际部主席。

Mike Stefanov

任 BP 公司钻井监督，主要从事国际深水钻井作业。有 27 年的陆上和海上孤立地区的钻井操作管理经验，从事钻井平台建设，在欧洲、远东、北美任职。他的职业生涯始于北美的 Seismograph 服务公司，然后成为 Amoco 公司国际石油公司的钻井工程师。一生中，当过钻井队长、钻井监督、钻井主管和钻井平台经理。康涅狄格州大学机械工程学士、得克萨斯注册职业工程师。他监管过如技术限制、高温高压操作规程、国际作业操作规程、浮式钻机建设和室外装配以及深水钻进和试井操作规程。

目 录

1 概述	(1)
1.1 范围	(1)
1.2 目的	(1)
1.3 引言	(1)
1.4 发展简史	(3)
1.5 评论	(7)
1.6 废弃物管理	(7)
2 钻井液	(9)
2.1 钻井液系统	(9)
2.2 钻井液固相特性	(15)
2.3 钻井液性能	(19)
2.4 井眼净化	(23)
2.5 钻井液产品	(32)
2.6 健康、安全和环境及废弃物管理	(35)
3 钻井液固相计算	(40)
3.1 钻井液低密度固相含量测定方法	(41)
3.2 水基钻井液中低密度固相体积分数的确定	(45)
3.3 现场测定钻屑密度的方法	(45)
4 分离点	(47)
4.1 如何确定分离点曲线	(49)
4.2 以钻井液振动筛为例分析分离点数据	(52)
5 罐体布置	(54)
5.1 循环系统	(54)
5.2 辅助系统	(61)
5.3 加重罐	(61)
5.4 备用罐	(61)
6 粗筛布和黏泥分离	(62)
7 振动筛	(64)
7.1 流体通过振动筛的原理	(65)
7.2 振动筛构成	(66)
7.3 振动筛受限条件	(68)
7.4 振动筛开发总结	(69)

7.5	振动筛设计	(70)
7.6	振动筛的选择	(82)
7.7	串联系统	(84)
7.8	干燥振动筛	(87)
7.9	振动筛用户指南	(88)
7.10	筛布	(91)
7.11	影响分离百分数曲线的因素	(100)
7.12	振动筛在非油田钻井中的应用	(104)
8	沉砂池	(106)
8.1	沉降速度	(106)
8.2	重晶石与低密度岩屑沉降速率比较	(108)
8.3	评论	(108)
8.4	钻井液振动筛的旁通问题	(108)
9	气体分离器、分离器和脱气装置	(110)
9.1	引言	(110)
9.2	钻井液振动筛与气侵	(111)
9.3	除砂器、除泥器与气侵	(112)
9.4	离心机与气侵	(112)
9.5	处理气侵钻井液的基本设备	(113)
9.6	钻井液—气体分离器	(114)
9.7	分离器	(114)
9.8	承压分离器	(116)
9.9	脱气装置	(118)
9.10	分离器和分离的几点说明	(122)
	参考文献	(122)
10	钻井液的悬浮、搅拌和混合	(124)
10.1	搅拌器的基本原理	(124)
10.2	机械搅拌器	(124)
10.3	设备的筛选和安装	(128)
10.4	钻井液枪	(134)
10.5	搅拌设备的优点与缺陷	(137)
10.6	伯努利原理	(138)
10.7	钻井液漏斗	(141)
10.8	松散材料添加系统	(145)
10.9	罐/池使用	(146)
	参考文献	(148)
11	水力旋流器	(149)
11.1	排放	(152)

11.2	水力旋流器的除砂能力	(154)
11.3	旋流器的罐体和罐体安装	(155)
11.4	中值分离点	(157)
11.5	旋流器操作提示	(161)
11.6	安装	(162)
11.7	结论	(163)
12	钻井液清洁器	(165)
12.1	历史	(167)
12.2	钻井液清洁器的使用	(168)
12.3	钻井液清洁器的其他用途	(169)
12.4	钻井液清洁器在钻井系统中的安装	(169)
12.5	钻井液清洁器的操作	(170)
12.6	计算钻井液清洁器废弃物中低密度固相和重晶石的体积比例	(171)
12.7	钻井液清洁器的性能	(172)
12.8	钻井液清洁器的经济性	(174)
12.9	岩屑密度计算	(175)
12.10	准确确定岩屑含量来正确评价钻井液清洁器的性能	(175)
12.11	加重钻井液	(176)
参考文献	(177)
13	离心机	(180)
13.1	沉降式离心机	(180)
13.2	钻屑和胶体级重晶石对钻井液的影响	(185)
13.3	固相颗粒的离心分离	(186)
13.4	转筒钻井液分离器	(191)
13.5	习题1答案	(192)
14	使用俘获率公式评价机械分离设备处理钻井液的效率	(194)
14.1	分析过程	(195)
14.2	俘获率计算应用	(196)
14.3	测试结果应用	(197)
14.4	补充信息的收集和应用	(198)
15	稀释	(199)
15.1	孔隙度的影响	(200)
15.2	固相清除效率	(200)
15.3	清除钻屑的原因	(201)
15.4	稀释是控制钻屑方式之一	(202)
15.5	固控设备性能的影响	(202)
15.6	影响固控设备效率的4个实例	(203)
15.7	稀释钻屑所需最少钻井液时的固控设备效率	(207)

15.8	最优固相清除效率 (SREE)	(208)
15.9	现场不加重钻井液固相清除效率	(210)
15.10	评价加重钻井液的固相清除效率	(212)
15.11	另外一种计算稀释钻屑所用清洁钻井液体积的方法	(214)
15.12	附录: 美国石油学会采用的方法	(214)
15.13	实例	(215)
16	废弃物管理	(218)
16.1	钻井废弃物的计量	(218)
16.2	钻井液废弃物的性质	(221)
16.3	钻井废弃物的最小化	(223)
16.4	海上处理废弃物的方法	(224)
16.5	陆上处理方法	(227)
16.6	处理技术	(232)
16.7	设备问题	(236)
	参考文献	(243)
17	交互感应电机	(244)
17.1	电学原理简介	(244)
17.2	电磁理论简介	(248)
17.3	电动机	(249)
17.4	变压器	(251)
17.5	可调速驱动器	(252)
17.6	电动机在石油设备中的应用	(254)
17.7	环境温度	(257)
17.8	电动机的安装和故障检测	(257)
17.9	电力发动机标准	(258)
17.10	外壳和机座标示	(259)
17.11	危险区域	(263)
17.12	适用于危险地区的电机	(265)
17.13	欧盟条例 94/9/EC	(267)
17.14	用于钻井液振动筛的电动机	(268)
17.15	用于离心机的电动机	(271)
17.16	用于离心泵的电动机	(271)
17.17	作业	(271)
18	离心泵	(275)
18.1	叶轮	(275)
18.2	泵壳	(276)
18.3	选择离心泵	(278)
18.4	离心泵曲线分析	(286)

18.5	离心泵加速流体	(289)
18.6	同轴型泵壳与涡型泵壳的比较	(291)
18.7	离心泵和标准钻井设备	(292)
18.8	净吸入压头	(299)
18.9	吸入管推荐	(302)
18.10	离心泵的操作规程	(305)
18.11	练习	(305)
18.12	参考答案	(308)
19	欠平衡钻井过程中的固相控制	(311)
19.1	欠平衡钻井概述	(311)
19.2	空气/天然气钻井	(312)
19.3	泡沫钻井	(315)
19.4	液/气(充气)钻井液	(318)
19.5	油基钻井液、氮气/柴油钻井液和天然气/油钻井液	(319)
19.6	用常规或加重的钻井液进行欠平衡钻井	(320)
19.7	一般性说明	(321)
19.8	欠平衡钻井可能遇到的固控问题	(322)
参考文献	(324)
20	平稳操作	(327)
20.1	井架工指南	(327)
20.2	设备指南	(335)
20.3	固相检查清单	(343)
术语表	(347)
单位换算表	(385)